

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer:

(11) Publication number

(11) Numéro de publication

0 991 918

Internationale Anmeldung veröffentlicht durch die
Weltorganisation für geistiges Eigentum unter der Nummer:

WO 99/00645 (art.158 des EPÜ).

International application published by the World
Intellectual Property Organisation under number:

WO 99/00645 (art.158 of the EPC).

Demande internationale publiée par l'Organisation
Mondiale de la Propriété sous le numéro:

WO 99/00645 (art.158 de la CBE).

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

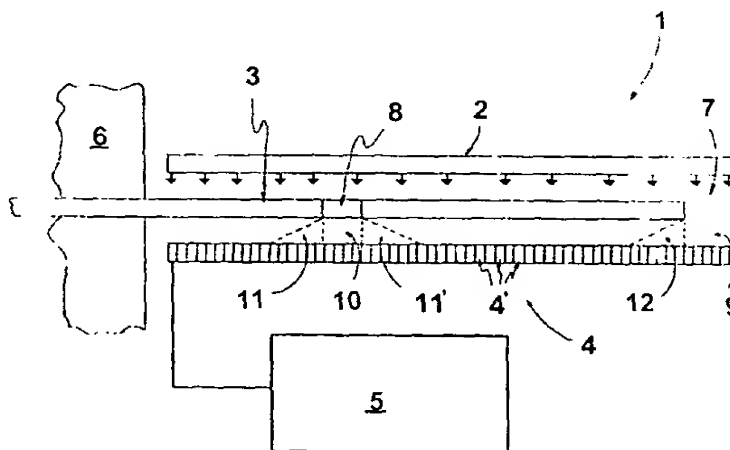
| | | |
|---|--|---|
| (51) Internationale Patentklassifikation ¹ : G01D 5/347, G01B 11/02 | AI | (11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 99/00645 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 7. Januar 1999 (07.01.99) |
| (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP98/03798 (22) Internationales Anmeldedatum: 22. Juni 1998 (22.06.98) (30) Prioritätsdaten: 197 27 572.9 28. Juni 1997 (28.06.97) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): LEOPOLD KOSTAL GMBH & CO. KG [DE/DE]; Wiesenstrasse 47, D-58507 Lüdenscheid (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BLÄSING, Frank [DE/DE]; Kurze Strasse 15, D-59457 Werl (DE). (74) Anwälte: SCHRÖTER, Martin usw.; Schröter & Haverkamp, Im Tückwinkel 22, D-58636 Iserlohn (DE). | (81) Bestimmungsstaaten: AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GH, GM, GW, HU, ID, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW, ARIPO Patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent: (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG). Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassener Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen. | |

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING THE ABSOLUTE ANGULAR POSITION OF THE STEERING WHEEL OF A MOTOR VEHICLE, AND OPTOELECTRONIC STEERING ANGLE SENSOR

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BESTIMMEN DER ABSOLUTEN WINKELSTELLUNG DES LENKRADES EINES KRAFTFAHRZEUGES SOWIE OPTOELEKTRONISCHER LENKWINKELSENSOR

(57) Abstract

The invention relates to a method for determining the absolute angular position of the steering wheel of a motor vehicle within a 360° segment using an optoelectronic steering angle sensor. The method comprises the following steps: irradiating an encoder (3), configured as a light slotted disk and having a scanning line (8) and a reference line (7), with a light source (2) for imaging the lines (7, 8) on the photosensitive surface of a line sensor (4); during this step, the bright-dark transition (11, 12) of a light trail (9, 10) extends across several image points (4'); secondly, scanning the light trails (9, 10) with the line sensor (4); and, lastly, determining the absolute angular position of the steering wheel by detecting the distance in subpixels between corresponding characteristics of the signal cluster of the scanning light trail (10) and the reference light trail (9) as detected by the line sensor (4). An optoelectronic steering angle sensor consists of the following three elements: firstly, a device with an encoder (3) which is connected to the rotational movement of the steering wheel, and has a scanning line (8) and a reference line (7). The distance between the two lines (7, 8) is a measure of the absolute angular position of the steering wheel; secondly, a light source (2) whose light irradiates one side of the encoder (3); and, lastly, a stationary line sensor (4) on whose photosensitive surface the light trails (9, 10) of the scanning line (8) and the reference line (7) are imaged. These three elements are mutually arranged in such a way that the bright-dark transition between the bright area of one light trail (9, 10) and the adjacent dark areas extends across several image points.



(57) Zusammenfassung

Ein Verfahren zum Bestimmen der absoluten Winkelstellung des Lenkrades eines Kraftfahrzeuges innerhalb eines Segmentes von 360° verwendet einen optoelektronischen Lenkwinkelsensor und umfaßt folgende Schritte: Bestrahlen eines als Lichtschlitzscheibe ausgebildeten Codegebers (3) mit einer Abtastlinie (8) und einer Referenzlinie (7) mit einer Lichtquelle (2) zum Abbilden der Linien (7, 8) auf der photosensitiven Oberfläche eines Zeilensensors (4); wobei sich der Hell-Dunkel-Übergang (11, 12) einer Lichtspur (9, 10) über mehrere Bildpunkte (4') hinweg erstreckt, Abtasten der Lichtspuren (9, 10) mit dem Zeilensensor (4) und Bestimmen der absoluten Winkelstellung des Lenkrades durch subpixelgenaues Ermitteln des Abstandes zwischen sich entsprechenden Charakteristika der von dem Zeilensensor (4) erfaßten Signalcluster der Abtastlichtspur (10) und der Referenzlichtspur (9). Ein optoelektronischer Lenkwinkelsensor besteht aus einer Anordnung umfassend einen mit der Drehbewegung des Lenkrades verbundenen Codegeber (3), auf dem eine Abtastlinie (8) und eine Referenzlinie (7) angeordnet sind, wobei der Abstand zwischen den beiden Linien (7, 8) ein Maß für die absolute Winkelstellung des Lenkrades ist, eine Lichtquelle (2), deren Licht die eine Seite des Codegebers (3) bestrahlt und einen ortsfesten Zeilensensor (4), auf dessen photosensitiver Oberfläche die Lichtspuren (9, 10) der Abtastlinie (8) und der Referenzlinie (7) abgebildet sind. Diese drei Elemente sind dergestalt zueinander angeordnet, daß sich der Hell-Dunkel-Übergang zwischen dem Hellbereich einer Lichtspur (9, 10) und den benachbarten dunklen Bereichen über mehrere Bildpunkte hinweg erstreckt.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

| | | | | | | | |
|----|------------------------------|----|-----------------------------------|----|---|----|--------------------------------|
| AL | Albanien | ES | Spanien | LS | Lesotho | SI | Slowenien |
| AM | Armenien | FI | Finnland | LT | Litauen | SK | Slowakei |
| AT | Österreich | FR | Frankreich | LU | Luxemburg | SN | Senegal |
| AU | Australien | GA | Gabun | LV | Lettland | SZ | Swasiland |
| AZ | Aserbaidshan | GB | Vereinigtes Königreich | MC | Monaco | TD | Tschad |
| BA | Bosnien-Herzegowina | GE | Georgien | MD | Republik Moldau | TG | Togo |
| BB | Barbados | GH | Ghana | MG | Madagaskar | TJ | Tadschikistan |
| BE | Belgien | GN | Guinea | MK | Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien | TM | Turkmenistan |
| BF | Burkina Faso | GR | Griechenland | ML | Mali | TR | Türkei |
| BG | Bulgarien | HU | Ungarn | MN | Mongolei | TT | Trinidad und Tobago |
| BJ | Benin | IE | Irland | MR | Mauretanien | UA | Ukraine |
| BR | Brasilien | IL | Israel | MW | Malawi | UG | Uganda |
| BY | Belarus | IS | Island | MX | Mexiko | US | Vereinigte Staaten von Amerika |
| CA | Kanada | IT | Italien | NE | Niger | UZ | Usbekistan |
| CF | Zentralafrikanische Republik | JP | Japan | NL | Niederlande | VN | Vietnam |
| CG | Kongo | KE | Kenia | NO | Norwegen | YU | Jugoslawien |
| CH | Schweiz | KG | Kirgisistan | NZ | Neuseeland | ZW | Zimbabwe |
| CI | Côte d'Ivoire | KP | Demokratische Volksrepublik Korea | PL | Polen | | |
| CM | Kamerun | KR | Republik Korea | PT | Portugal | | |
| CN | China | KZ | Kasachstan | RO | Rumänien | | |
| CU | Kuba | LC | St. Lucia | RU | Russische Föderation | | |
| CZ | Tschechische Republik | LI | Liechtenstein | SD | Sudan | | |
| DE | Deutschland | LK | Sri Lanka | SE | Schweden | | |
| DK | Dänemark | LR | Liberia | SG | Singapur | | |
| EE | Estland | | | | | | |

Verfahren zum Bestimmen der absoluten Winkelstellung des Lenkrades eines Kraftfahrzeuges sowie optoelektronischer Lenkwinkelsensor

Die Erfindung betrifft das Gebiet optoelektronischer Lenkwinkelerfassungssysteme. Insbesondere betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Bestimmen der absoluten Winkelstellung des Lenkrades eines Kraftfahrzeuges innerhalb eines Segmentes von 360° unter Verwendung eines optoelektronischen Lenkwinkelsensors mit folgenden Schritten: Bestrahlen einer lichtdurchlässigen Codespur aufweisenden Codegebers mit einer Lichtquelle zum Abbilden der durch die Codespur erzeugten Lichtspur auf der photosensitiven Oberfläche eines Zeilensensors, Abtasten der Lichtspur mit dem Zeilensensor und Beaufschlagen einer Auswerteeinheit mit den Ausgangssignalen des Zeilensensors zur Bestimmung der absoluten Winkelstellung des Lenkrades.

Ferner betrifft die Erfindungen einen optoelektronischen Lenkwinkelsensor zum Bestimmen der absoluten Winkelstellung des Lenkrades eines Kraftfahrzeuges innerhalb eines Segmentes von 360° umfassend einen Codegeber mit einer Codespur und eine als Zeilensensor ausgebildete Sensoreinrichtung, welcher Codegeber mit der Drehbewegung des Lenkrades relativ zum Zeilensensor bewegbar und von seiner einen Seite mit Licht bestrahlt ist, so daß die Codespur auf der photosensitiven Oberfläche des Zeilensensors abgebildet und von diesem erfaßbar ist, welcher Zeilensensor zur Bestimmung der erfaßten Codespursignale an eine elektronische Auswerteeinheit angeschlossen ist.

Der Lenkwinkel bzw. der Lenkwinkeleinschlag bei Kraftfahrzeugen wird benötigt, um mit diesem Wert etwa ein Fahrdynamikregelsystem beaufschlagen zu können. Ein solches Fahrdynamikregelsystem erhält neben dem genannten Lenkwinkelwerten weitere Meßdaten, etwa die Raddrehzahl oder die Drehung des Kraftfahrzeuges um seine Hochachse. Benötigt werden zum einen der absolute Lenkwinkeleinschlag und zum anderen die Lenkgeschwindigkeit, damit diese Werte zusammen mit den anderen erfaßten Daten durch das Fahrdynamikregelsystem ausgewertet und zum Steuern der Aktoren, beispielsweise der Bremsen und/oder das Motormanagement umgesetzt werden können.

Ein optoelektronischer Lenkwinkelsensor ist beispielsweise aus der DE 40 22 837 A1 bekannt. Der in diesem Dokument offenbarte Lenkwinkelsensor besteht aus zwei parallel und mit Abstand zueinander angeordneten Elementen - einer Lichtquelle und einem Zeilensensor - sowie einer zwischen der Lichtquelle und dem Zeilensensor angeordneten Codescheibe, die drehfest mit der Lenkspindel verbunden ist. Als Zeilensensor ist eine CCD-Sensorzeile vorgesehen. Der Codegeber ist als Lichtschlitzscheibe ausgebildet und umfaßt als Codespur eine sich von innen nach außen vergrößern-
5 de Spirale. Über die Belichtung der Bildpunkte des Zeilensensors bei einem bestimmten Lenkeinschlag kann ein Aufschluß über den tatsächlichen Lenkwinkelschlag gewonnen werden.
10

Damit die gewonnenen Lenkwinkeldaten zur Weiterverarbeitung als Eingangsgröße eines Fahrdynamikregelsystems verwendet werden können, müssen diese einen hohen Genauigkeitsgrad und eine möglichst hohe Auflösung haben. Diesen gewünschten Anforderungen kann der aus der DE 40 22 837 A1 bekannte Lenkwinkelsensor bzw. das darin offenbarte Verfahren nicht genügen. Da die Codescheibe drehfest an der Lenkspindel angeordnet ist und der Zeilensensor bezüglich der Drehbewegung der Codescheibe ortsfest und somit nicht an der Lenkspindel befestigt vorgesehen ist, werden Bewegungen der Lenkspindel, mit der diese in Richtungen senkrecht zur Längsachse bewegt wird, durch die entsprechende Bewegung der Codescheibe und der damit einhergehenden Bewegung der auf dem Zeilensensor abgebildeten Codespur als Änderung des Lenkwinkelschlages erfaßt. Entsprechend wird auch das Fahrdynamikregelsystem mit einer solchen Fehlinformation beaufschlagt.
20
25

Die Meßgenauigkeit des vorbekannten Lenkwinkelsensors ist durch die Genauigkeit und die Feinheit der verwendeten Codespur sowie durch die Abbildungsschärfe der Lichtspur der Codescheibe auf dem Zeilensensor bestimmt. Zur Erzielung einer möglichst guten Abbildungsschärfe verwendet der vorbekannte Lenkwinkelsensor eine langgestreckte Lichtquelle, etwa ein Line-Source-LED oder eine längsförmige Lichtquelle, wobei die Länge dieser Lichtquellen der Länge der verwendeten Sensorzeile entspricht. Die emittierten Lichtstrahlen sollen möglichst rechtwinklig auf die Oberfläche des Codegebers auftreffen. Durch diese Maßnahme ist man bestrebt, einen möglichst sprunghaften Hell-Dunkel-Übergang zu schaffen, um exakte Lagebestimmungen der Lichtspur auf dem Zeilensensor
30
35

vornehmen zu können. Diese Anforderungen bedingen eine hochexakte Montage und Justage der Codescheibe bezüglich der Lichtquelle und dem Zeilensensor. Die erreichbare Auflösung auch bei Verwendung einer hochpräzisen Codespur entspricht der physikalischen Auflösung des Zeilensensors. Daher kann die Auflösung eines derartigen Lenkwinkelsensors lediglich dadurch gesteigert werden, daß ein Zeilensensor mit einem extrem hohen Bildpunktanzahl und eine Codespur mit einer sehr präzisen Linie verwendet wird. Diese genannten Maßnahmen erfordern jedoch einen erheblichen Aufwand und stellen sehr hohe Anforderungen an die einzuhaltenden Toleranzen.

Ausgehend von diesem diskutierten Stand der Technik liegt der Erfindung daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Bestimmen der absoluten Winkelstellung des Lenkrades eines Kraftfahrzeuges innerhalb eines Segmentes von 360° bereitzustellen, mit dem eine präzise hochaufgelöste Lenkwinkelerfassung möglich ist.

Ferner liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen optoelektronischen Lenkwinkelsensor bereitzustellen, der nicht nur durch Verwendung einfach konzipierter Bauelemente realisierbar ist, sondern der auch eine Auflösung aufweist, die den genannten Anforderungen genügt.

Die verfahrensbezogene Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß als Codespur eine Abtastlinie und eine Referenzlinie von der Lichtquelle bestrahlt werden und die Abbildung der Lichtspuren der Abtastlinie und der Referenzlinie auf der photosensitiven Oberfläche des Zeilensensors dergestalt erfolgt, daß sich die Hell-Dunkel-Übergänge einer Lichtspur über mehrere Bildpunkte des Zeilensensors hinweg erstrecken, und daß die Bestimmung der Winkelstellung des Lenkrades durch subpixelgenaues Ermitteln des Abstandes zwischen sich entsprechenden Charakteristika der von dem Zeilensensor erfaßten Signalcluster der Abtastlichtspur und der Referenzlichtspur erfolgt, welcher Abstand als Maß für die absolute Winkelstellung des Lenkrades verwendet wird.

Die vorrichtungsbezogene Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Codespur des Codegebers aus einer Abtastlinie und einer Referenzlinie besteht und die durch die Lichtbestrahlung des Codegebers erzeugten Lichtspuren der Referenzlinie und der Abtastlinie bei ihrer Abbil-

5 dung auf den Zeilensensor eine sich über mehrere Bildpunkte erstrecken-
de Unschärfe im Hell-Dunkel-Übergang zwischen dem Hellbereich der
Lichtspur und den benachbarten dunklen Bereichen aufweisen und die
von den Signalen des Zeilensensors beaufschlagte Auswerteeinheit eine
Einrichtung zum subpixelgenauen Ermitteln des Abstandes zwischen sich
entsprechenden Charakteristika der von dem Zeilensensor erfaßten Si-
gnalcluster der Abtastlichtspur und der Referenzlichtspur umfaßt, welcher
Abstand ein Maß für die absolute Winkelstellung des Lenkrades ist.

10 Der erfindungsgemäße Lenkwinkelsensor verwendet im Gegensatz zum
vorbekannten Stand der Technik die fast unvermeidbare Unschärfe der
sich über einige Bildpunkte erstreckenden Hell-Dunkel-Übergänge der
erfaßten Codespuren zur Bestimmung der tatsächlichen bzw. angenä-
herten Lage der Lichtspurkante. Diese Maßnahme hat zum Vorteil, daß
15 die Anforderungen an die Bauelementanordnung und an die Lichtquelle
nur gering sind. Vielmehr ist es sinnvoll, einen Hell-Dunkel-
Übergangsbereich vorzusehen, der sich über mehrere Bildpunkte er-
streckt, um aus den diskreten Signalen der von der Codespur bestrahlten
Bildpunkte, im Folgenden als Signalcluster bezeichnet, ein bestimmtes
20 Charakteristikum zur Lenkwinkelbestimmung zu verwenden.

Der Codegeber trägt erfindungsgemäß eine Abtastlinie und eine Referenzlinie, wobei der Abstand zwischen der Abtastlinie und der Referenzlinie in dem den Lenkwinkel zu erfassenden Segment von 360° in jedem
25 Punkt unterschiedlich ist. Daher kann der Abstand jeweils gleicher Charakteristika der Signalcluster der Abtastlichtspur und der Referenzlichtspur zur absoluten Lenkwinkelbestimmung verwendet werden. Durch die Abstandsbestimmung erfolgt die Lenkwinkelbestimmung jeweils in Relation dieser beiden Lichtspuren zueinander, so daß Bewegungen der Lenkspindel, die diese aus ihrer normalen Drehachse in Längsrichtung des Zeilensensors herausbewegen, kompensiert werden. Die Abstandsbestimmung erfolgt in Subpixelgenauigkeit.

Bei dem erfindungsgemäßen Lenkwinkelsensor kann als Abtastlinie und
35 als Referenzlinie entweder eine Lichtspur vorgesehen sein, so daß der Codegeber beispielsweise als Lichtschlitzscheibe ausgebildet ist, oder aber eine Dunkelspur auf einer ansonsten hellen, etwa transparenten Codespur vorgesehen sein.

In einem Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, die Unschärfe in der Abbildung der Lichtspuren zur Berechnung einer Interpolationskurve oder eines Interpolationspolynoms im Bereich von einer oder von beiden Signalfanken der beiden Lichtspuren zu benutzen. Durch die Interpolation wird ein
5 quasi analoges Signal auf einer kontinuierlichen Kurve erzeugt. Durch einen dem Interpolator nachgeschalteten Vergleich erfolgt anschließend ein Abgleich des interpolierten Signals mit einem vorbestimmten Schwellwert. Der auf diese Weise ermittelte Wert erlaubt sodann eine genauere
10 Positionsbestimmung, nämlich eine solche im Subpixelbereich. Das Ausgangssignal des Vergleichers ist ein hochaufgelöstes Sprungsignal, welches eine Auswertlogik beaufschlagt. Durch eine entsprechende Überabtastung, wobei beispielsweise eine 16-fache Überabtastung vorgesehen sein kann, ist eine Abtastung der Codescheibe in einer der Taktrate der
15 Überabtastung entsprechenden Schrittzahl, beispielsweise in 16 Subpixelschritten je Bildpunkt, möglich. Die Auflösung bei einem Kreissegment von 360° und bei einer 16-fachen Überabtastung führt bei Verwendung einer 128 Pixel-Zeilensensor zu einer effektiven Auflösung von etwa 1600 Schritten, mit anderen Worten: zu einer Auflösung von $0,225^\circ$ je
20 Subpixelwert. Die verfahrensimmanente lokale Linearitätsabweichung liegt bei dieser Anordnung im Bereich ± 3 Subpixelschritte (entspricht $\pm 0,7^\circ$) aufgrund des Interpolationsfehlers.

Vorteilhafterweise erstreckt sich der HELL-DUNKEL-Übergang einer Lichtspur zwischen 10 - 90 % des Überganges über 3 - 10 Pixel. Besonders bevorzugt erstreckt sich der genannte HELL-DUNKEL-Übergang über 5 - 7 Pixel. Wird eine geringere Pixelanzahl verwendet, ist der Interpolationsfehler entsprechend größer. Bei einer Verwendung einer größeren Pixelanzahl mag zwar zunächst die Interpolationsgenauigkeit verbessert sein, jedoch
30 verringert sich dann der örtliche Verschiebungsbereich der Abtastlinie, so daß die effektive Auflösung des Verfahrens nicht entsprechend ansteigt.

Der Abgleich des interpolierten Signals erfolgt zweckmäßigerweise in Abhängigkeit von dem Referenzliniensignal, wobei die maximale Helligkeit der Referenzlichtlinie die Bezugsgröße darstellt. Der Schwellwert beträgt
35 in einem Ausführungsbeispiel 50 % der maximalen Helligkeit der Referenzlichtspur.

Der Zeilensensor und die Auswertelogik werden vorteilhafterweise von ein und demselben Taktgeber getriggert, so daß beide Elemente Pixel-synchron getaktet sind.

5 Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel zur Abstandsbestimmung bestimmter Signalcharakteristika ist vorgesehen, beide Flanken der Signalcluster der Abtastlichtspur und der Referenzlichtspur in der oben dargestellten Art und Weise auszuwerten und anschließend aus den bestimmten Flanken einen Mittelwert zu bilden. Zur Abstandsbestimmung
10 wird der Abstand der beiden Mittelwerte zueinander ermittelt. In einer solchen Ausgestaltung wird das durch eine Abstandsänderung des Codegebers zum Zeilensensor hervorgerufene „Pumpen“ der Signalcluster bzw. der Lichtspuren kompensiert.

15 Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel zur subpixelgenauen Abstandsbestimmung der Abtastlichtspur und der Referenzlichtspur wird in einem ersten Schritt die pixelbezogene Lage der Signalcluster der beiden Lichtspuren ermittelt. Anschließend werden die Signalcluster mit einem vorbestimmten Referenzimpuls zur Ermittlung etwa von Korrelationsfunktionen oder von quadratischen Fehlersummen miteinander verglichen. Bei
20 diesen Vergleichen wird der Referenzimpuls schrittweise über das Signalcluster gefahren, wobei in jedem Schritt ein Korrelationkoeffizient bzw. eine quadratische Fehlersumme ermittelt wird. Die Schrittweite ist kleiner bemessen als die Erstreckung eines Bildpunktes. Die eigentliche Abstandsbestimmung erfolgt dann durch Bestimmen des Abstandes der beiden
25 Extrema der jeweils ermittelten Funktionsabschnitte.

Bei einem Auswerteverfahren kann vorgesehen sein, daß zur Lagebestimmung der Signalcluster gemäß einer hierarchischen Suche in einem
30 ersten Schritt die Sensorzeilensignale in größeren Schritten mit dem Referenzimpuls abgetastet werden. Ebenfalls kann vorgesehen sein, daß die Signalcluster durch Bestimmen der Signalclusterflanken der beiden Lichtspuren im Wege einer Bestimmung der oben beschriebenen Hell-Dunkel-Übergänge ermittelt werden.

35 Zur Abstandsbestimmung kann ebenfalls ein Schwerpunktbestimmungsverfahren verwendet werden, gemäß dem die Schwerpunkte der Signalcluster ermittelt werden und anschließend der Abstand der beiden

Schwerpunkte voneinander ermittelt wird. Da die Schwerpunktbestimmung zu einer Lage der Schwerpunkte in Subpixelgenauigkeit führt, ist folglich auch der ermittelte Abstand der beiden Lichtspuren in einer Subpixelgenauigkeit bestimmbar.

5 In einem Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, daß diametral dem ersten Zeilensensor gegenüberliegend ein zweiter lichtbeaufschlagter Zeilensensor zum Abtasten der Referenzlinie sowie der Abtastlinie angeordnet ist. Dieser Zeilensensor erfaßt ebenfalls die genannten Lichtspuren, so daß
10 für einen zu erfassenden Drehwinkel zwei ermittelte Winkelwerte vorliegen. Mit Hilfe dieser beiden erfaßten Winkelwerte ist ein gemittelter Winkelwert berechenbar, der gegenüber dem Achsspiel des Codegebers in der Drehebene senkrecht zur Sensorlängsachse oder bezüglich der Exzentrizität des Codegebers kompensiert ist. Darüber hinaus bietet der Ein-
15 satz eines zweiten Zeilensensors einen hohen Schutz gegenüber Fehlern durch lokale optische Störungen, da zu jedem Zeitpunkt an zwei besonders weit voneinander entfernten Positionen auf dem Codegeber gemessen wird. Die Wahrscheinlichkeit, daß an beiden Meßorten eine lokale Störung vorliegt, ist äußerst gering, so daß auch die Ausfallwahrscheinlichkeit einer solchen Sensoranordnung erheblich reduziert ist.
20

Weitere Vorteile der Erfindung sowie Weiterbildungen sind Bestandteil der Unteransprüche sowie der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele. Es zeigen:

- 25
- Fig. 1** eine schematische Darstellung eines optoelektronischen Lenkwinkelsensors,
 - Fig. 2** eine schematisierte Draufsicht auf den Lenkwinkelsensor in
30 der Figur 1,
 - Fig. 3** ein Blockschaltbild zum Betreiben des in Figur 1 gezeigten Lenkwinkelsensors,
 - 35 **Fig. 4** ein Diagramm, welches die Signalverarbeitung des mit dem Zeilensensor des Lenkwinkelsensors abgetasteten Signales zeigt,

- Fig. 5 ein Diagramm, aus dem sich der bei der Signalverarbeitung verwendete Interpolationsalgorithmus ergibt,
- Fig. 6 ein Diagramm, welches die Subpixelauflösung des Lenkwinkelsensors bei einer 16-fachen Überabtastung innerhalb eines Pixels zeigt,
- Fig. 7 eine schematische Draufsicht auf einen weiteren Lenkwinkelsensor,
- Fig. 8 ein Diagramm darstellend einen Vergleich eines Signalclusters mit einem Referenzimpuls und
- Fig. 9 in einem schematisierten Diagramm das Abtasten eines Signalclusters mit einem Referenzimpuls.

Figur 1 zeigt einen optoelektronischen Lenkwinkelsensor 1, der eine Lichtquelle 2, eine Codescheibe 3, einen Zeilensensor, nämlich eine CMOS-Sensorzeile 4 und eine Auswerteeinheit 5 umfaßt. Die CMOS-Sensorzeile 4 besteht aus einer Vielzahl nebeneinander angeordneter einzelner Bildpunkte (Pixel) 4'. Als Lichtquelle 2 ist bei dem in Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiel eine linienförmige, über die Sensorzeile 4 ausgedehnte Lichtquelle, welche an allen Punkten Licht mit einer Vorzugsrichtung ausstrahlt, vorgesehen.

Die Codescheibe 3 ist drehfest an einer Lenkspindel 6 angeordnet. Die Codescheibe 3 ist mit Ausnahme von zwei Lichtschlitzen 7, 8 lichtundurchlässig. Von den beiden Lichtschlitzen 7, 8 ist der Lichtschlitz 7 als Referenzlinie und der Lichtschlitz 8 als Abtastlinie vorgesehen. Die Referenzlinie 7 wird bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel durch die äußere Kante der Codescheibe 3 gebildet, so daß diese in der Draufsicht konzentrisch die Lenkspindel 6 umgebend kreisrund ist. Es kann jedoch auch vorgesehen sein, daß die Referenzlichtlinie 7 als eigene konzentrische Durchbrechung (Schlitz) in die Codescheibe 3 eingebracht ist. Die Abtastlinie 8 ist, wie in Figur 2 ersichtlich, von innen nach außen größer werdend und über 360° angeordnet spiralförmig ausgebildet. Durch Abtasten des Abstandes zwischen der Lichtspur 9 der Referenzlinie 7 und der Lichtspur 10 der Abtastlinie 8 bzw. von daraus sich ergebenden Charakte-

ristika ein Maß erhältlich, welches über 360° eindeutig den jeweiligen Lenkwinkelschlag wiedergibt. Dabei wird insbesondere aus der Draufsicht der Figur 2 deutlich, daß Toleranzen bezüglich der Zentrität der Codescheibe 3 sich bei einer solchen Abstandsmessung nicht bemerkbar machen, da sich diese gleichermaßen auf die Referenzlinie 7 und die Abtastlinie 8 auswirken. Darüberhinaus ist auch bei einem Ausfall des Systems und bei einer neuen Inbetriebnahme durch die Eindeutigkeit der Zuordnung ein fehlerfreies Arbeiten des Systems möglich, ohne dieses vorher neu kalibrieren zu müssen.

Das von der Lichtquelle 2 emittierte Licht beleuchtet den gesamten Radius der Codescheibe 3 im Bereich der der CMOS-Sensorzeile 4 gegenüberliegenden Seite. Durch die Lichtschlitze von Referenzlinie 7 und Abtastlinie 8 werden deren Lichtspuren 9, 10 auf der CMOS-Sensorzeile 4 abgebildet. Die Lichtspuren 9, 10 werden sodann von bestimmten Bildpunkten 4' erfaßt. Bedingt durch den Abstand der CMOS-Sensorzeile 4 von der Codescheibe 3 und durch die Emission von nicht parallelem Licht aus der Lichtquelle 2 bildet sich die Kante der Referenzlinie 7 bzw. der Abtastlinie 8 unscharf ab. Es existiert daher zu jeder Lichtspur 9, 10 ein Hell-Dunkel-Übergangsbereich 11, 11', 12. Jeder Hell-Dunkel-Übergangsbereich 11, 11', 12 erstreckt sich über mehrere Bildpunkte 4'. Zur Abstandsbestimmung wird im folgenden der Abstand zwischen den Hell-Dunkel-Übergangsbereichen 11, 12 bestimmt. Diese Bestimmung und die Berechnung des sich daraus ergebenden Lenkwinkels erfolgt in der Auswerteeinheit 5, deren Eingang an den Ausgang des Zeilensensors 4 angeschlossen ist.

Die Auswerteeinheit 5 umfaßt, wie in Figur 3 in Form eines Blockschaltbildes dargestellt, einen Interpolator 13, einen Vergleicher 14, eine Auswertelogik 15 und einen Taktgeber 16. Der Taktgeber 16 taktet die CMOS-Sensorzeile 4 und bestimmt somit deren Abtastrate. Entsprechend getaktet wird der Eingang des Interpolators 13 mit dem Zeilensignal bzw. den Pixelsignalen der CMOS-Sensorzeile 4 beaufschlagt. Die Form dieses Signales ist dem Diagramm der Figur 4 entnehmbar, wobei bedingt durch die geringe Auflösung der Abbildung die Werte der einzelnen Bildpunkte 4', die außerhalb der Signalfanken liegen, als zusammenhängendes Signal wiedergegeben sind. Die in Figur 4 wiedergegebenen Signalveränderungen entsprechen jeweils den durch die in Figur 3 dargestellten

elektronischen Bauelemente ausgeführten Signalverarbeitungsschritten. Durch den Interpolator 13 erfolgt zunächst eine Interpolation des ortsdiskreten CMOS-Sensorzeilensignals. Die Interpolation erfolgt bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel durch Berechnung eines Interpolationspolynoms, das den Verlauf der Signalkante an dieser Stelle mit vorhersagbarer Genauigkeit approximiert. Zur Verdeutlichung des Interpolationsvorganges ist in Figur 5 beispielsweise die Interpolation des Hell-Dunkel-Übergangsbereiches 11 der Figur 1 abgebildet. In diesem Diagramm sind auf der x-Achse die einzelnen Bildpunkte und auf der y-Achse die Signalintensität der einzelnen Bildpunkte aufgetragen, die das ortsdiskrete Ursprungssignal darstellen. Das berechnete Interpolationspolynom 17 approximiert den tatsächlichen Verlauf des Hell-Dunkel-Übergangs.

Das interpolierte Zeilensignal (vgl. Figur 4) beaufschlagt den Vergleich 14. In dem Vergleich 14 erfolgt ein Abgleich des Interpolationspolynoms 17 mit einem vorgegebenen Schwellwert. Als Schwellwert ist bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel 50 % der maximalen Helligkeit der Referenzlichtspur 9 vorgesehen. Durch Gleichsetzen des Interpolationspolynoms 17 mit dem Schwellwert 18 anschließend eine genaue Positionsbestimmung der Kante der Lichtspur 11. Aus dem Diagramm der Figur 5 läßt sich die berechnete Lage der Lichtspurkanke und insbesondere deren unterschiedliche Lage bezogen auf die ansonsten allein durch die physikalische Pixelauflösung bestimmte Lage entnehmen. Der Vergleich erzeugt somit ein hochaufgelöstes Sprungsignal, welches anschließend die Auswertelogik 15 beaufschlagt.

Die Auswertelogik 15 bestimmt, wie in Figur 4 gezeigt, den Abstand der hochaufgelösten Kanten der Hell-Dunkel-Übergangsbereiche 11 und 12, welcher Abstand in Figur 4 durch das Bezugszeichen A gekennzeichnet ist.

Der Taktgeber 16 beaufschlagt nicht nur die CMOS-Sensorzeile 4, sondern auch die Auswertelogik 15 bzw. den Interpolator 13. Durch die Auswertelogik 15 erfolgt ferner eine Überabtastung des Bildzeilensignales der CMOS-Sensorzeile 4. Dabei wird die sinnvolle maximale Überabtastungsrate, beispielsweise 16-facher Pixeltakt, prinzipiell nur durch den Signal-Rausch-Abstand des Sensors begrenzt.

Das in Figur 6 gezeigte Diagramm verdeutlicht die Subpixelauflösung des Lenkwinkelsensors 1 innerhalb eines einzigen Bildpunktes 4'. Das Diagramm zeigt aufgetragen auf der y-Achse die Meßwerte der einzelnen Subpixelschritte, deren Anzahl aufgrund der 16-fachen Überabtastung 16 beträgt. Auf der x-Achse ist die Anzahl der Meßwerte aufgetragen. Die Codescheibe 3 ist zur Erzeugung der Kurve um 0,01 mm/s bzw. 0,35°/s bewegt worden. Die Auflösung des Positionserfassungssystems 1 beträgt bei einer CMOS-Sensorzeile 4 mit 128 Pixeln und einer 16-fachen Überabtastung bei 360° etwa 0,225 Grad je Subpixelwert bei einer lokalen Linearitätsabweichung von ± 3 Subpixelwerten oder $\pm 0,7$ Grad.

Diese hochauflösten Meßwerte erlauben dann die Berechnung des absoluten Lenkwinkels, welcher Wert an ein Fahrdynamikregelsystem übergeben wird.

Zur Erfassung der Lenkradumdrehungen kann auf verschiedene Zählrichtungen zurückgegriffen werden, beispielsweise eine solche, wie sie in der DE 195 08 607 C1 der Anmelderin beschrieben ist.

In Figur 7 ist das Positionserfassungssystem 1 dargestellt, dem eine zweite CMOS-Sensorzeile 19 zugeordnet ist. Die CMOS-Sensorzeile 19 ist diametral zur ersten CMOS-Sensorzeile 4 angeordnet und ebenso wie die CMOS-Sensorzeile 4 lichtbeaufschlagt. Die beiden CMOS-Sensorzeilen 4, 19 sind mit ihren Längsachsen fluchtend angeordnet. Durch Verwendung der beiden CMOS-Sensorzeilen 4, 19 ist es möglich, das Achsspiel in der Drehebene senkrecht zur Sensorlängsachse sowie eine mögliche Exzentrizität der Codescheibe 3 zur Drehachse der Lenkspindel 6 durch eine Mittelwertbildung zu kompensieren. Im Falle einer exakten Drehbewegung wird von beiden CMOS-Sensorzeilen 4, 19 jeweils der gleiche Winkelversatz ermittelt. Im Falle eines Achsspiels senkrecht zur Sensorlängsachse bzw. einer Exzentrizität der Codescheibe 3 wird der durch das Spiel hervorgerufene Versatz von der ersten CMOS-Sensorzeile 4 als positiver Winkelversatz und von der zweiten CMOS-Sensorzeile 19 als negativer Winkelversatz erfaßt, wobei gegebenenfalls nur ein Vektor des Versatzes, nämlich der der Längsachse der CMOS-Sensorzeilen 4, 19 entsprechende, erfaßt wird. Aufgrund dieser Eigenschaften kann durch nachfolgende Mittelwertbildung über die beiden von den beiden CMOS-Sensorzeilen 4, 19 ermittelten Winkelwerte sowohl das

Achsspiel in Sensorrichtung als auch eine Exzentrizität der Codescheibe 3 in einer numerisch besonders aufwandsgünstigen Art und Weise kompensiert werden. Für eine Drehbewegung ergibt sich:

$$5 \quad \varphi_{\text{neu, kompensiert}} = \frac{(\varphi_{\text{alt}} + \Delta\varphi)_{\text{Sensor 1}} + (\varphi_{\text{alt}} + \Delta\varphi)_{\text{Sensor 2}}}{2} = \varphi_{\text{alt}} + \Delta\varphi$$

Für ein Achsspiel oder einen Mittenversatz ergibt sich mit einem daraus interpretierten Winkelversatz:

$$10 \quad \varphi_{\text{neu, kompensiert}} = \frac{(\varphi_{\text{alt}} + \Delta\varphi)_{\text{Sensor 1}} + (\varphi_{\text{alt}} + \Delta\varphi)_{\text{Sensor 2}}}{2} = \varphi_{\text{alt}}$$

Eine Änderung des detektierten Winkels kann somit nur noch durch eine Drehbewegung erfolgen.

- 15 Gemäß einem weiteren Verfahren wird der Abstand zwischen der Lichtspur 10 der Abtastlinie 8 und der Lichtspur 9 der Referenzlinie 7 durch ein Korrelationsverfahren ermittelt. Zu diesem Zweck erfolgt in einem ersten Schritt eine lagebezogene Ermittlung der Signalcluster der Abtastlichtspur 10 und der Referenzlichtspur 9. Anschließend wird jedes
- 20 Signalcluster mit einem Referenzimpuls zur Erstellung einer Korrelationsfunktion verglichen. Der Referenzimpuls ist bezüglich seiner Formgebung an die zu erwartenden Signalcluster S angepaßt und kann beispielsweise durch die nachfolgend wiedergegebene Funktion beschrieben werden:

$$25 \quad f(x) = \begin{cases} a \frac{\sin(bx)}{x}, & x \neq 0 \\ a, & x = 0 \end{cases}$$

- Zur Erstellung einer solchen Korrelationsfunktion bzw. der den Signalclustern zugeordneten Korrelationsfunktionsabschnitte wird der Referenzimpuls schrittweise über die gesamte Erstreckung des Signalclusters S ver-
- 30 fahren. Die gewählte Schrittweite ist erheblich geringer als die Erstreckung eines Bildpunktes, so daß die Auflösung dieses Abstandsbestimmungsverfahrens subpixelgenau ist. In jedem Vergleichsschritt wird, wie sche-

matisch in Figur 8 dargestellt, die Unterschiede der erfaßten Intensität $[s(n)]$ mit den Funktionswerten des Referenzimpulses verglichen, woraus zu jedem Schritt ein Korrelationskoeffizient bestimmbar ist.

- 5 Das schrittweise Abtasten der Signalcluster S_1 und S_2 ist schematisiert in Figur 9 wiedergegeben. Dabei gibt das Signalcluster S_1 die Referenzlichtspur 9 und das Signalcluster S_2 die Abtastlichtspur 10 wieder. Die Abstandsbestimmung erfolgt dadurch, daß der Abstand der sich auf der Korrelationsfunktion abbildenden Maxima ermittelt wird.

10

Anstelle der Erstellung von Korrelationskoeffizienten können auch in jedem Schritt die quadratischen Fehlersummen ermittelt werden, so daß sich das Charakteristikum für jedes Signalcluster als konkretes Minimum erkennen läßt. Der Abstand dieser Minima ist dann wiederum das Maß für
 15 den absoluten Lenkwinkelschlag. Die quadratischen Fehlersummen lassen sich gemäß nachfolgend wiedergegebener Gleichung ermitteln:

$$K(x_0) = \sum_{n=n_{\min}}^{n_{\max}} \left[s(n_0 + n) - f(n \cdot \Delta x - x_{sp}) \right]^2$$

$$\Downarrow$$

$$K(x_0) = \sum_{n=n_{\min}}^{n_{\max}} \left[s\left(\text{TRUNC}\left(\frac{x_0}{\Delta x}\right) + n \right) - f(n \cdot \Delta x - (x_0 \text{ MOD } \Delta x)) \right]^2$$

Zusammenstellung der Bezugszeichen

| | | |
|----|----------------|------------------------------|
| | 1 | Lenkwinkelsensor |
| 5 | 2 | Lichtquelle |
| | 3 | Codescheibe |
| | 4 | CMOS-Sensorzeile |
| | 4' | Bildpunkt (Pixel) |
| | 5 | Auswerteeinheit |
| 10 | 6 | Lenkspindel |
| | 7 | Lichtschlitz, Referenzlinie |
| | 8 | Lichtschlitz, Abtastlinie |
| | 9 | Lichtspur, Referenzlinie |
| | 10 | Lichtspur, Abtastlinie |
| 15 | 11, 11' | Hell-Dunkel-Übergangsbereich |
| | 12 | Hell-dunkel-Übergangsbereich |
| | 13 | Interpolator |
| | 14 | Vergleicher |
| | 15 | Auswertelogik |
| 20 | 16 | Taktgeber |
| | 17 | Interpolationspolynom |
| | 18 | Schwellwert |
| | 19 | CMOS-Sensorzeile |
| 25 | A | Abstand |
| | R | Referenzimpuls |
| | S | Signalcluster |
| | S ₁ | Signalcluster |
| | S ₂ | Signalcluster |

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen der absoluten Winkelstellung des Lenkrades eines Kraftfahrzeuges innerhalb eines Segmentes von 360° unter Verwendung eines optoelektronischen Lenkwinkelsensors mit folgenden Schritten:
- Bestrahlen eines eine lichtdurchlässige Codespur (7, 8) aufweisenden Codegebers (3) mit einer Lichtquelle (2) zum Abbilden der durch die Codespur (7, 8) erzeugten Lichtspur (9, 10) auf der photosensitiven Oberfläche eines Zeilensensors (4),
 - Abtasten der Lichtspur (9, 10) mit dem Zeilensensor (4) und
 - Beaufschlagen einer Auswerteeinheit (5) mit den Ausgangssignalen des Zeilensensors (4) zur Bestimmung der absoluten Winkelstellung des Lenkrades,
- dadurch gekennzeichnet, daß**
- als Codespur eine Abtastlinie (8) und eine Referenzlinie (7) von der Lichtquelle (2) bestrahlt werden
 - und die Abbildung der Lichtspuren (9, 10) der Abtastlinie (8) und der Referenzlinie (7) auf der photosensitiven Oberfläche des Zeilensensors (4) dergestalt erfolgt, daß sich die Hell-Dunkel-Übergänge (11, 12) einer Lichtspur (9, 10) über mehrere Bildpunkte (4') des Zeilensensors (4) hinweg erstrecken, und
 - daß die Bestimmung der Winkelstellung des Lenkrades durch subpixelgenaues Ermitteln des Abstandes zwischen sich entsprechenden Charakteristika der von dem Zeilensensor (4) erfaßten Signalcluster (S_1 , S_2) der Abtastlichtspur (10) und der Referenzlichtspur (9) erfolgt, welcher Abstand als Maß für die absolute Winkelstellung des Lenkrades verwendet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Abstandsbestimmung der der Abtastlichtspur (10) und der Referenzlichtspur (9) zugeordneten Signalcharakteristika in einem ersten Auswerteschritt eine Interpolation der je Bildpunkt des Zeilensensors (4) abgetasteten Signale eines Hell-Dunkel-Übergangs der Referenzlichtspur (9) und der Abtastlichtspur (10) zur Erzeugung eines jeweils quasi analogen Hell-Dunkel-Übergangs-Signals (17) erfolgt, welche interpolierten Signale (17) in einem weiteren Aus-

werteschrift zur Erzeugung von hochaufgelösten Sprungsignalen mit einem vorbestimmten Schwellwert (18) verglichen werden, woran anschließend eine Bestimmung des Abstandes (A) der beiden Sprungsignale zueinander unter Verwendung einer Auswertelogik (15) erfolgt und durch die Auswertelogik (15) eine Überabtastung der Zeilensignale durchgeführt wird, deren Auswertetakt höher als der Pixeltakt des Zeilensensors (4) ist, so daß jeder Bildpunkt (4') durch eine der Taktrate der Überabtastung entsprechenden Anzahl von Meßwerten dargestellt ist.

10

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Abstandsbestimmung in einem ersten Schritt beide Hell-Dunkel-Übergänge der Referenzlichtspur (9) und der Abtastlichtspur (10) zur Erzeugung von jeweils quasi analogen Hell-Dunkel-Übergangssignalen interpoliert werden und nach Bildung der Sprungsignale die Orte der beiden Flanken eines solchen Signales gemittelt werden bevor zur Lenkwinkelbestimmung der Abstand der Mittelwerte der Orte der beiden interpolierten Sprungsignale ermittelt wird.

15

20 4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Zeilensensorsignal in einer dem 16-fachen des Pixeltaktes entsprechenden Rate überabgetastet wird.

20

25 5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Abstandsbestimmung der der Abtastlichtspur (10) und der Referenzlichtspur (9) zugeordneten Signale in einem ersten Auswerteschritt die Lage der Lichtspuren (9, 10) auf dem Zeilensensor (4) bzw. die Lage der von jeder Lichtspur erzeugten, sich über mehrere Bildpunkte (4') des Zeilensensors (4) erstreckenden Signalcluster (S_1 , S_2) der Lichtspuren (9, 10) ermittelt wird und anschließend jedes Signalcluster (S_1 , S_2) mit einem vorbestimmten Referenzimpuls zur Ermittlung von Korrelationskoeffizienten verglichen wird, welches Vergleichen in einer vorbestimmten Schrittweite, die kleiner als die Erstreckung eines Bildpunktes (4') ist, erfolgt, und die Bestimmung des Abstandes von Abtastlichtspur (10) und Referenzlichtspur (9) durch Bestimmen des Abstandes zwischen den beiden Extrema der ermittelten Korrelationsfunktionsabschnitte erfolgt.

30

35

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Ermittlung der Lage der Signalcluster durch hierarchisches Suchen, bei der die Schrittweite des Abtastens der Zeilensensorsignale mit dem Referenzimpuls größer ist als die Erstreckung eines Bildpunktes, und das Auffinden eines Signalclusters durch einen Schwellwertvergleich des jeweils ermittelten Korrelationskoeffizienten erfolgt.
7. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Ermittlung der Lage der Signalcluster in einem ersten Auswertungsschritt durch eine Interpolation der je Bildpunkt des Zeilensensors (4) abgetasteten Signale der beiden Hell-Dunkel-Übergänge des Signalclusters der Referenzlichtspur (9) und der Abtastlichtspur (10) zur Erzeugung von jeweils quasi analogen Hell-Dunkel-Übergangs-Signalen erfolgt, welche interpolierten Signale in einem weiteren Auswertungsschritt zur Erzeugung von hochaufgelösten Sprungsignalen mit einem vorbestimmten Schwellwert verglichen werden.
8. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Abstandsbestimmung der der Abtastlichtspur (10) und der Referenzlichtspur (9) zugeordneten Signale die Schwerpunkte der von jeder Lichtspur (9, 10) erzeugten, sich über mehrere Bildpunkte (4') des Zeilensensors (4) erstreckenden Signalcluster ermittelt werden und anschließend der Abstand der beiden Schwerpunkte zueinander bestimmt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Kompensation des Achsspiels und der Exzentrizität des Codegebers (3) durch Mitteln von zuvor bestimmten Winkelwerten von zwei sich diametral gegenüberliegenden, lichtbeaufschlagten Zeilensensoren (4, 19) erfolgt.
10. Optoelektronischer Lenkwinkelsensor zum Bestimmen der absoluten Winkelstellung des Lenkrades eines Kraftfahrzeuges innerhalb eines Segmentes von 360° umfassend einen Codegeber mit einer Codespur und eine als Zeilensensor ausgebildete Sensoreinrichtung, welcher Codegeber mit der Drehbewegung des Lenkrades

relativ zum Zeilensensor bewegbar und von seiner einen Seite mit Licht bestrahlt ist, so daß die Codespur auf der photosensitiven Oberfläche des Zeilensensors abgebildet und von diesem erfassbar ist, welcher Zeilensensor zur Bestimmung der erfaßten Codespur-
5 signale an eine elektronische Auswerteeinheit angeschlossen ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Codespur des Codegebers (3) aus einer Abtastlinie (8) und einer Referenzlinie (7) besteht und die durch die Lichtbestrahlung des Codegebers (3) erzeugten Lichtspuren (9, 10) der Referenzlinie (7) und der Abtastlinie (8) bei ihrer Ab-
10 bildung auf den Zeilensensor (4) eine sich über mehrere Bildpunkte (4') erstreckende Unschärfe im Hell-Dunkel-Übergang zwischen dem Hellbereich der Lichtspur (9, 10) und den benachbarten dunklen Bereichen aufweisen und die von den Signalen des Zeilensensors (4) beaufschlagte Auswerteeinheit (5) eine Einrichtung
15 zum subpixelgenauen Ermitteln des Abstandes zwischen sich entsprechenden Charakteristika der von dem Zeilensensor (4) erfaßten Signalcluster der Abtastlichtspur (10) und der Referenzlichtspur (9) umfaßt, welcher Abstand ein Maß für die absolute Winkelstellung des Lenkrades ist.

20
11. Optoelektronischer Lenkwinkelsensor nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Einrichtung zum Ermitteln des Abstandes einen Interpolator (13) zum Erzeugen eines interpolierten Signales (17) aus dem bildpunktweise abgetasteten ortsdiskreten Zeilensignal, einen Vergleichler (14) zum Abgleichen des interpolierten Signales (17) mit einem vorbestimmten Schwellwert (18) zur Erzeugung von Sprungsignalen sowie eine Auswertelogik (15) zum Be-
25 stimmen des Abstandes (A) von Referenzsignal und Abtastsignal umfaßt, welche Auswertelogik (15) zur Überabtastung der Zeilensensorsignale mit einem vorbestimmten Takt, der höher als der Pixeltakt des Zeilensensors (4) ist, getaktet ist.

30
12. Optoelektronischer Lenkwinkelsensor nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß sich der Hell-Dunkel-Übergang (11, 11', 12) einer Lichtlinie (9,10) im Bereich von 10 - 90% des Übergangs über 3 bis 10 Pixel, insbesondere über 5 - 7 Pixel erstreckt.

13. Optoelektronischer Lenkwinkelsensor nach Anspruch 10 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Zeilensensor (4) bzw. die Bildpunkte (4') und ein der Auswerteeinheit (5) zugeordneter Mikrocontroller Pixel-synchron arbeiten.
- 5 14. Optoelektronischer Lenkwinkelsensor nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Überabtastungsrate der Zeilensensorsignale dem 16-fachen Takt entspricht, mit welchem der Zeilensensor (4) bzw. die einzelnen Pixel (4') getaktet sind und der Zeilensensor (4) einen Signal-Rausch-Abstand (SNR) von mindestens 30dB besitzt.
- 10 15. Optoelektronischer Lenkwinkelsensor nach einem der Ansprüche 10 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Referenzlinie (7) eine konzentrische, im peripheren Bereich der Codescheibe (3) angeordnete Linie und die Abtastlinie (8) eine von innen nach außen größer werdende archimedische Spirale mit einer sich um 360° erstreckenden Windung ist.
- 15 16. Optoelektronischer Lenkwinkelsensor nach einem der Ansprüche 10 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Codegeber auf einem Zylinder angeordnet ist, der koaxial zur Drehachse der Lenkspindel angeordnet ist.
- 20 17. Optoelektronischer Lenkwinkelsensor nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Referenzlinie ein Kreis mit einem senkrecht auf der Lenkachse stehenden Radius und die Abtastlinie eine Schraubenlinie mit gleichem Radius sind.
- 25 18. Optoelektronischer Lenkwinkelsensor nach einem oder mehreren der Ansprüche 10 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein zweiter, diametral dem ersten Zeilensensor (4) gegenüberliegender, mit seiner Längsachse zur Längsachse des ersten Zeilensensors (4) fluchtend angeordneter, von einer Lichtquelle beaufschlagter Zeilensensor (19) vorgesehen ist.
- 30 35

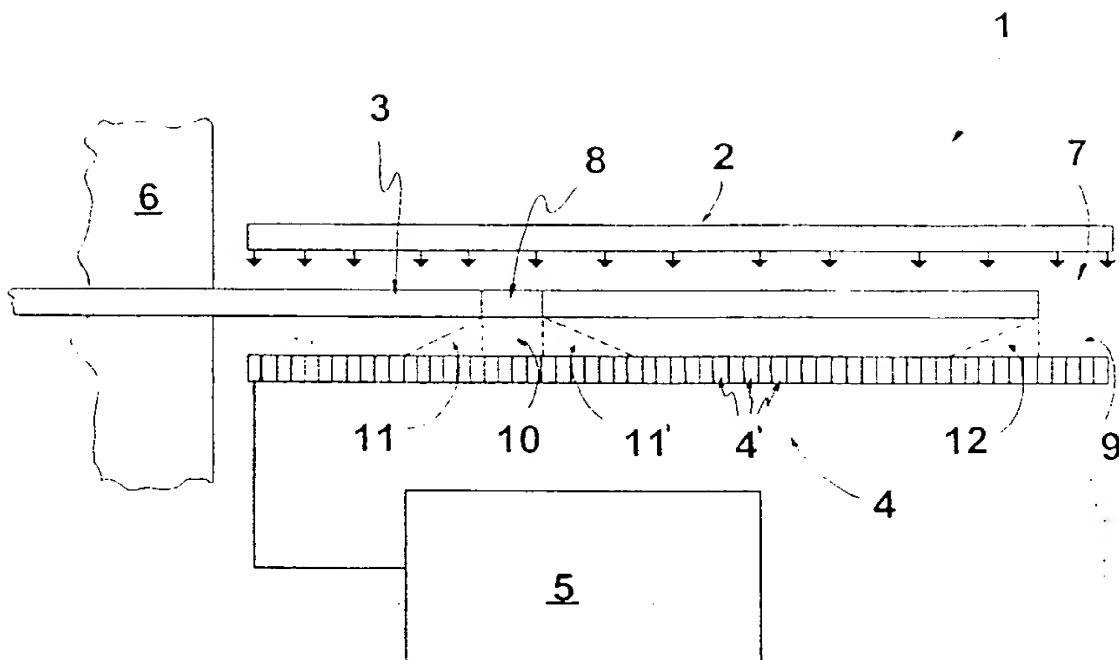


Fig. 1

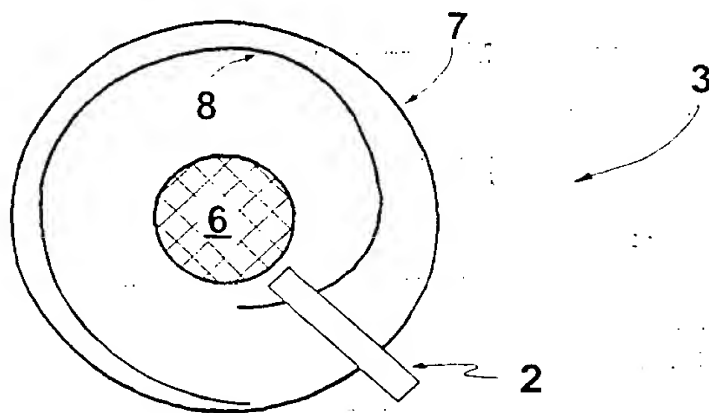


Fig. 2

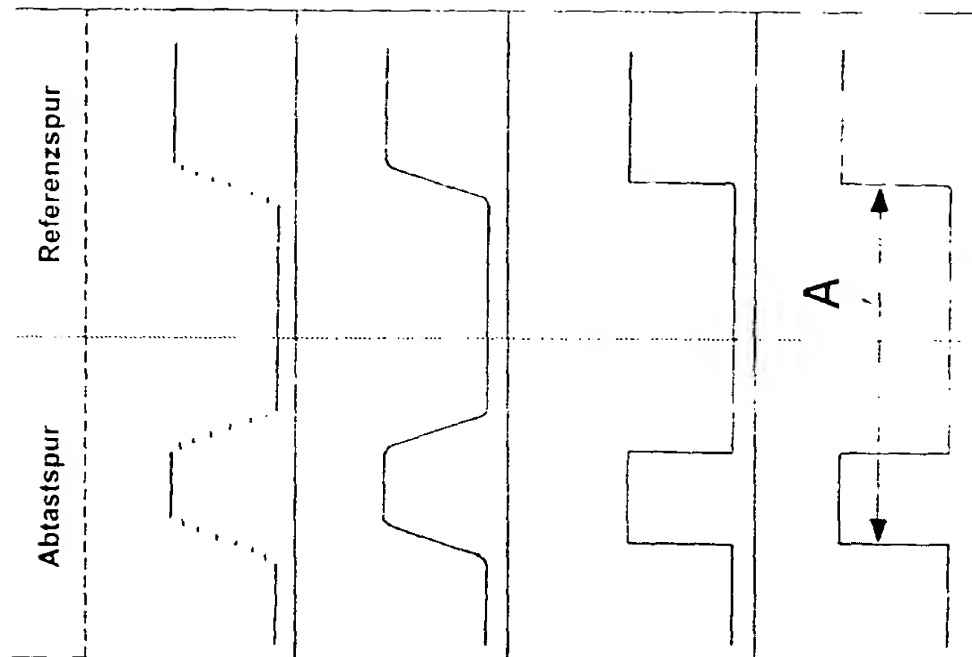


Fig. 4

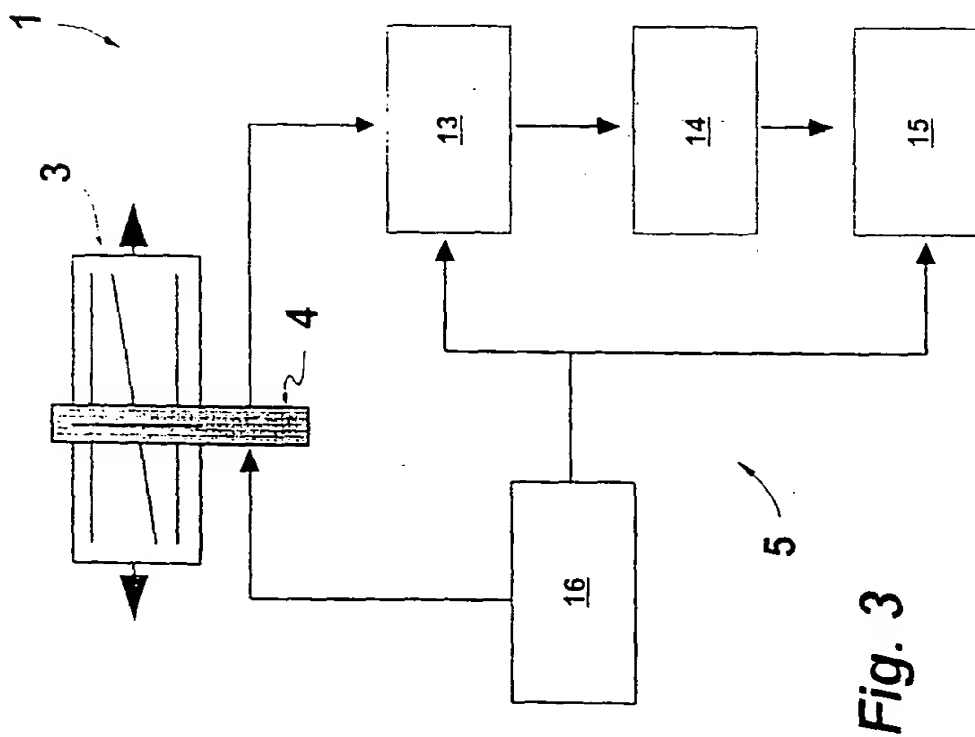
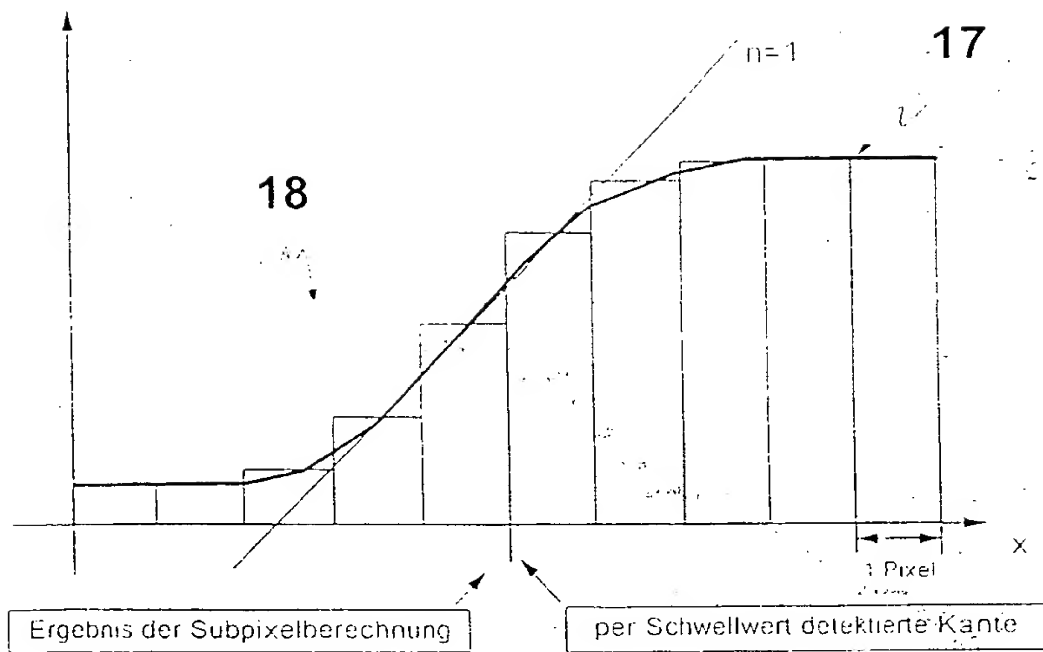
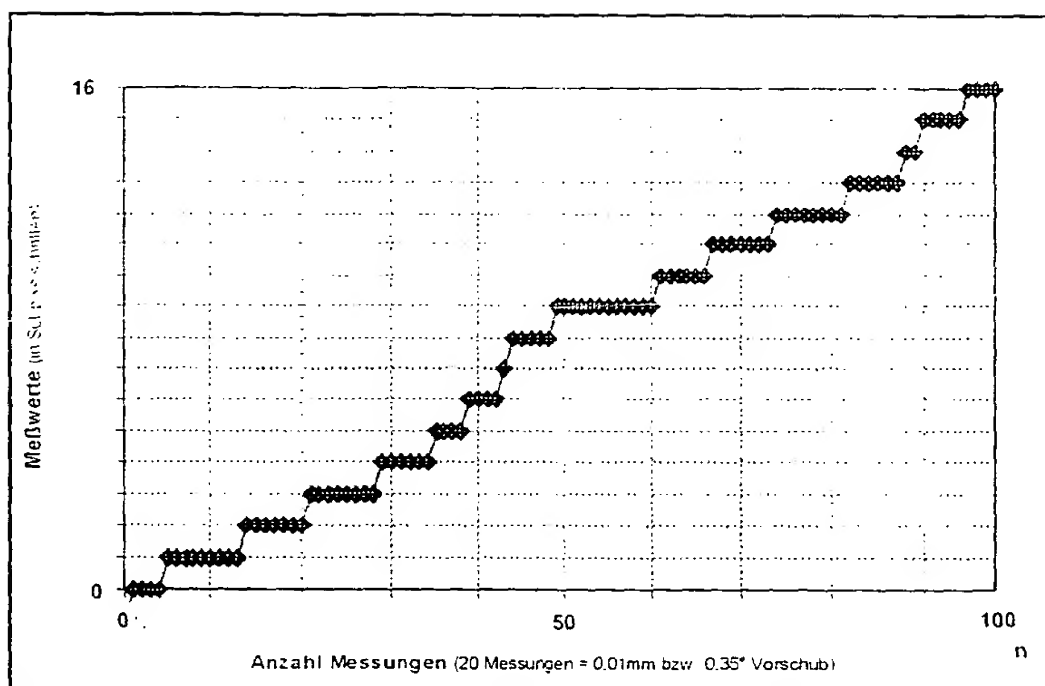


Fig. 3

**Fig. 5**

*Fig. 6*

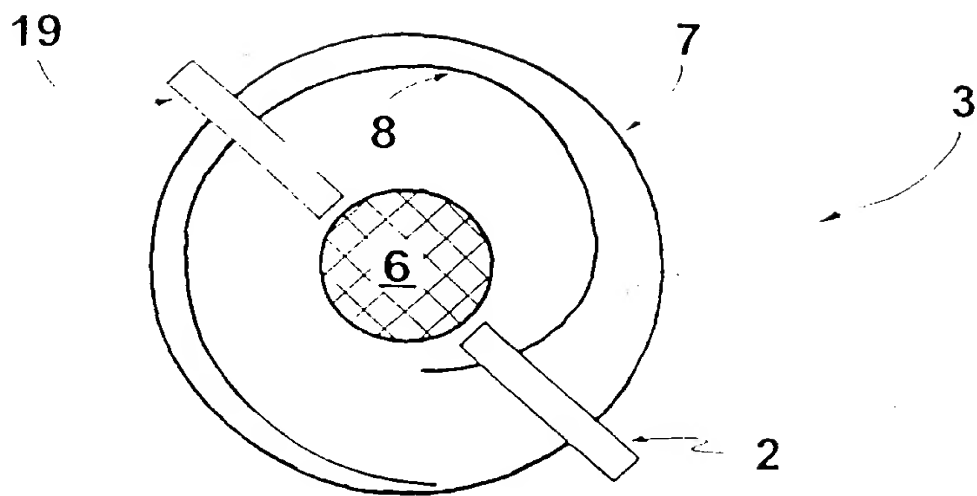


Fig. 7

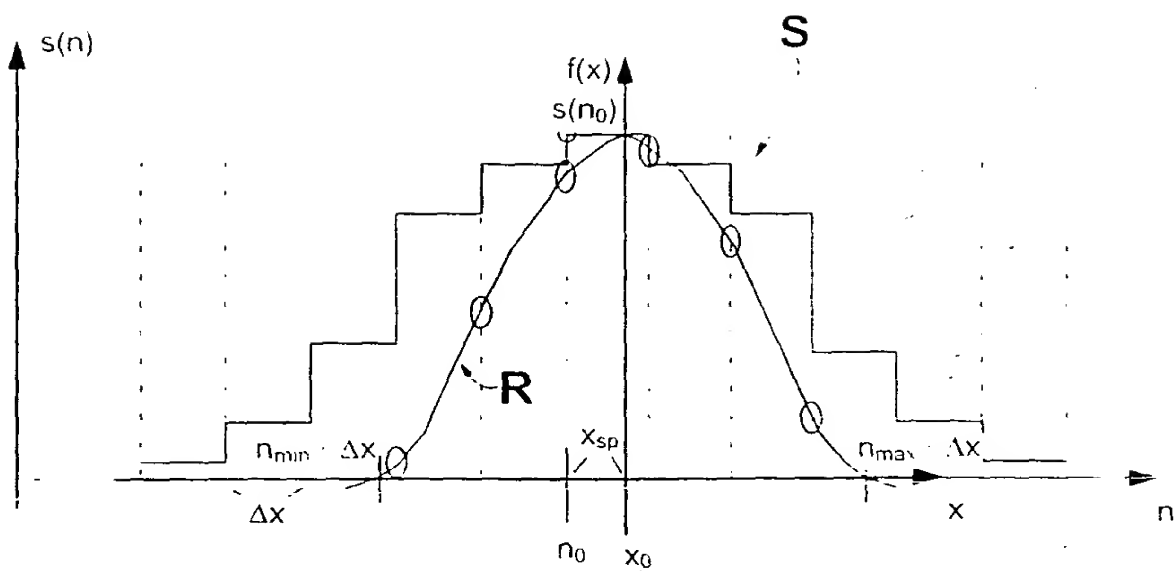


Fig. 8

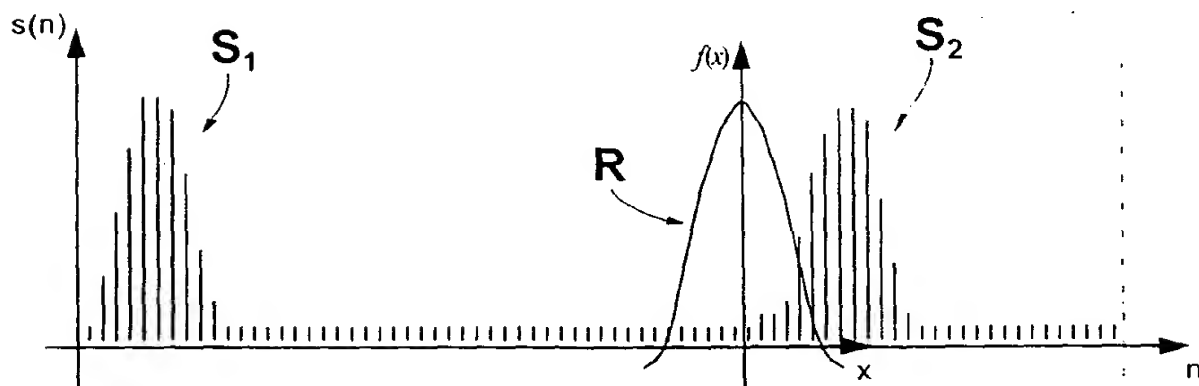


Fig. 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP 98/03798

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 G01D5/347 G01B11/02

According to International Patent Classification (IPC), or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 G01D G01B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|----------|---|-----------------------|
| X | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 6, no. 212 (P-151) '1090! 26 October 1982 & JP 57 119215 A (TATEISHI DENKI K.K.), 24 July 1982 see abstract | 1, 10, 15 |
| A | DE 195 00 817 C (CARL ZEISS JENA GMBH) 22 February 1996 see the whole document see figures 1-3 | 1-3, 7, 10-12 |
| A | US 4 650 335 A (TOKUHISA ITO ET AL.) 17 March 1987 see column 4, line 13 - line 47 see column 4, line 61 - column 5, line 27; figures 2-4 | 1-3, 7, 10 |

☐ Further documents are listed in the continuation of box C

☒ Patent family members are listed in annex

Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"Z" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 November 1998

Date of mailing of the international search report

13/11/1998

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P. B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel: (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Visser, F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT EP 95/03798

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family members | Publication date |
|---|---------------------|--------------------------|---------------------|
| DE 19500817 C | 22-02-1996 | GB 2296970 A,B | 17-07-1996 |
| | | JP 8261722 A | 11-10-1996 |
| | | US 5802206 A | 01-09-1998 |
| US 4650335 A | 17-03-1987 | JP 1017523 B | 30-03-1989 |
| | | JP 1534106 C | 12-12-1989 |
| | | JP 59099304 A | 08-06-1984 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inter. Patentanzeichen

PCT/EP 98/03792

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 G01D5/347 G01B11/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC), oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationszeichen und Klassifikationsymbol)

IPK 6 G01D G01B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruchs Nr. |
|-----------|--|---------------------|
| X | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 6, no. 212 (P-151) *1090!, 26. Oktober 1982 & JP 57 119215 A (TATEISHI DENKI K.K.), 24. Juli 1982 siehe Zusammenfassung --- | 1, 10, 15 |
| A | DE 195 00 817 C (CARL ZEISS JENA GMBH) 22. Februar 1996 siehe die gesamte Druckschrift; siehe Abbildungen 1-3 --- | 1-3, 7, 10-12 |
| A | US 4 650 335 A (TOKUHISA ITO ET AL.) 17. März 1987 siehe Spalte 4, Zeile 13 - Zeile 47 siehe Spalte 4, Zeile 61 - Spalte 5. Zeile 27; Abbildungen 2-4 ----- | 1-3, 7, 10 |

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen:

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

9. November 1998

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

13/11/1998

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Visser, F

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zur Veröffentlichung, welche für selbständige Entdeckungen gelten

oder

PCT/EP 95/03792

| in Recherchenbericht angeführtes Patentedokument | Datum der Veröffentlichung | Mitgliedern der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|---|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| DE 19500817 C | 22-02-1996 | GB 2296970 A,B | 17-07-1996 |
| | | JP 8261722 A | 11-10-1996 |
| | | US 5802206 A | 01-09-1998 |
| US 4650335 A | 17-03-1987 | JP 1017523 B | 30-03-1989 |
| | | JP 1534106 C | 12-12-1989 |
| | | JP 59099304 A | 08-06-1984 |

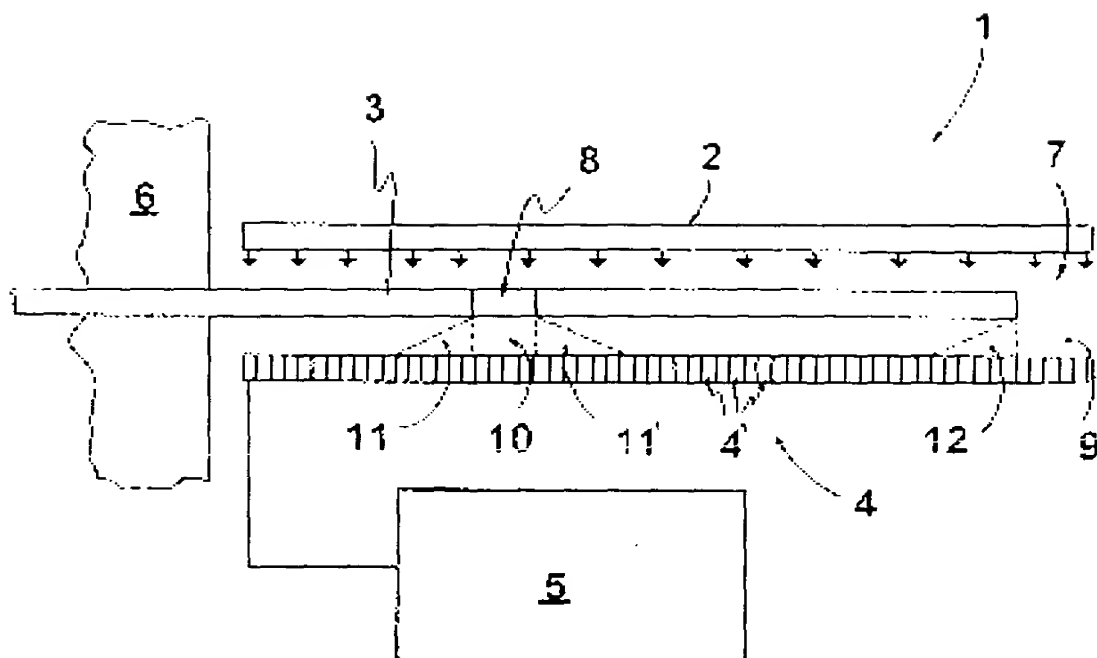


Fig. 1

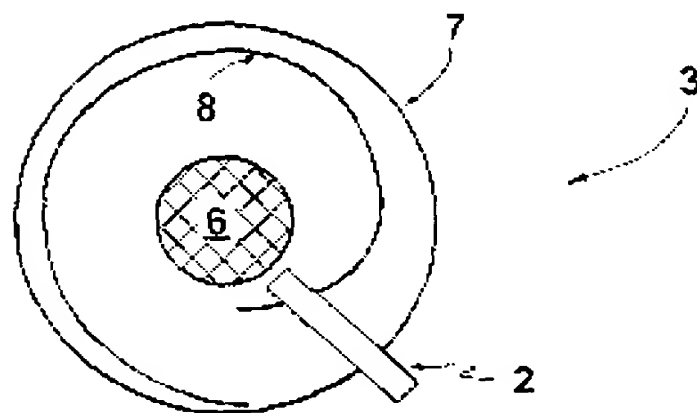


Fig. 2

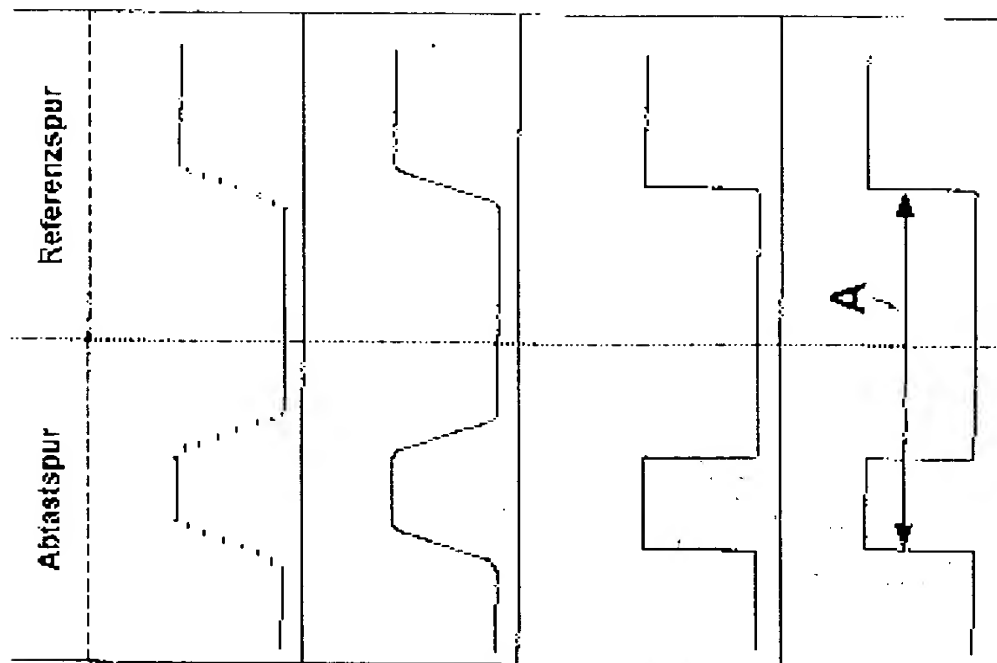


Fig. 4

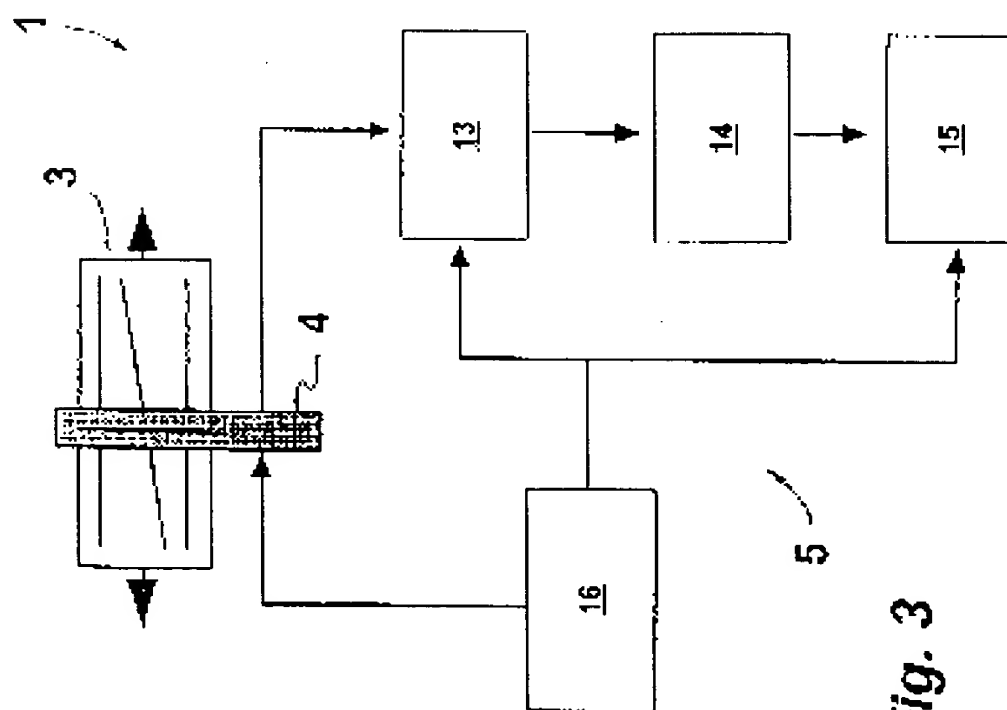
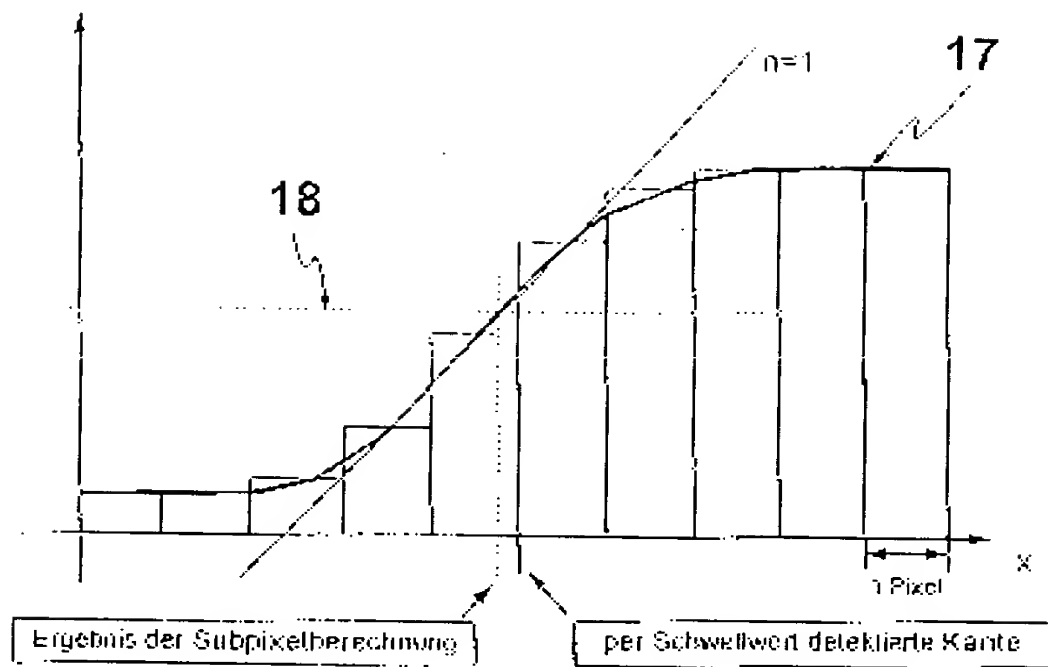


Fig. 3

**Fig. 5**

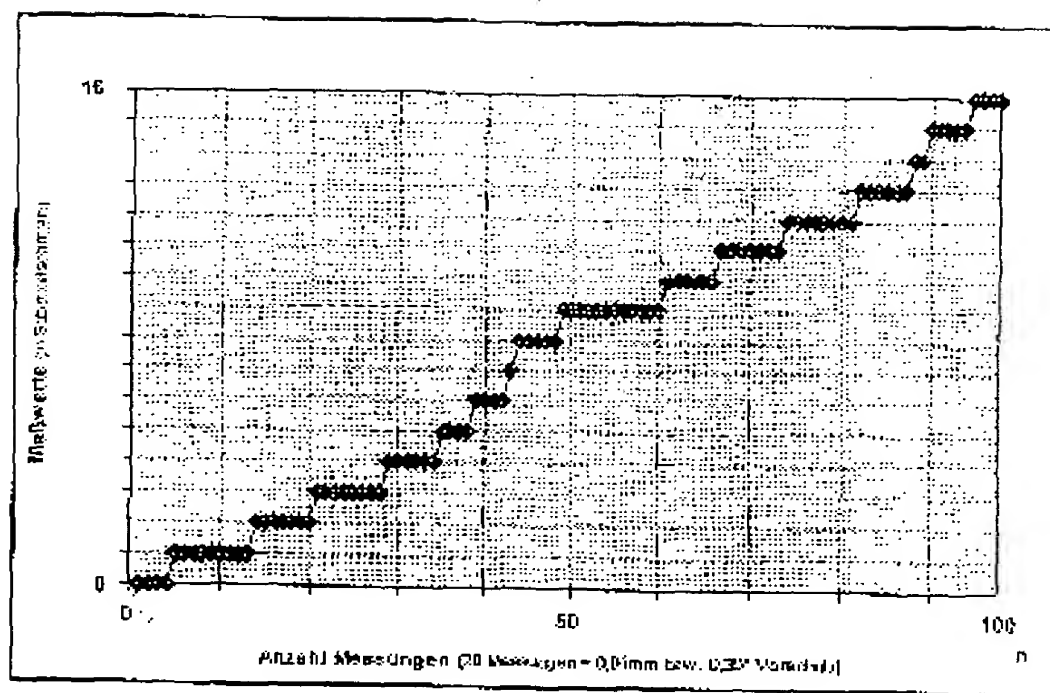


Fig. 6

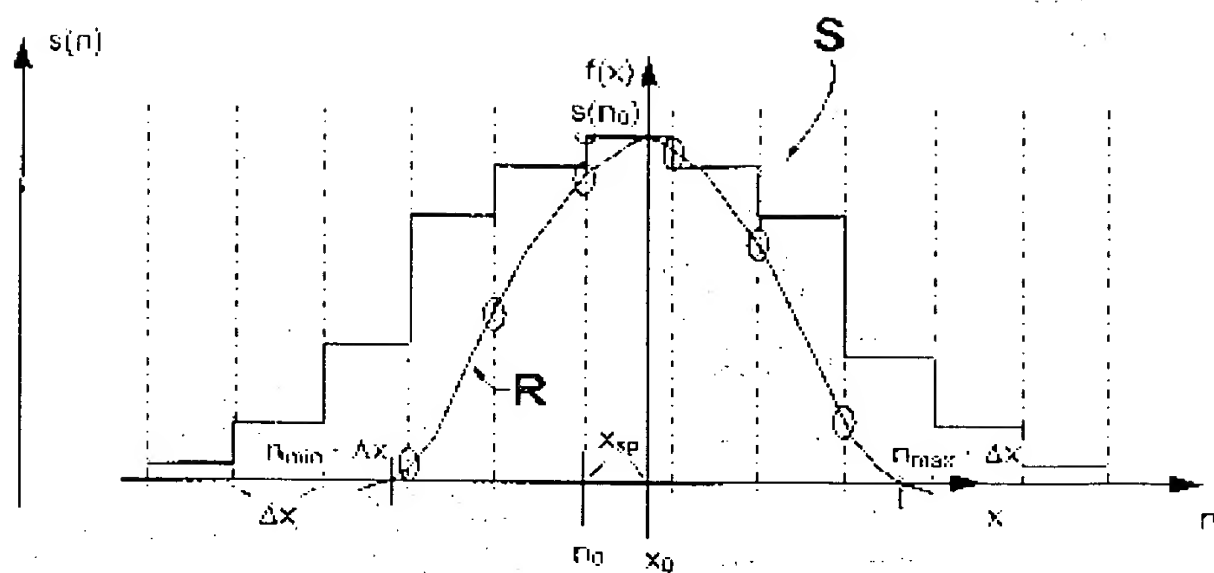


Fig. 8

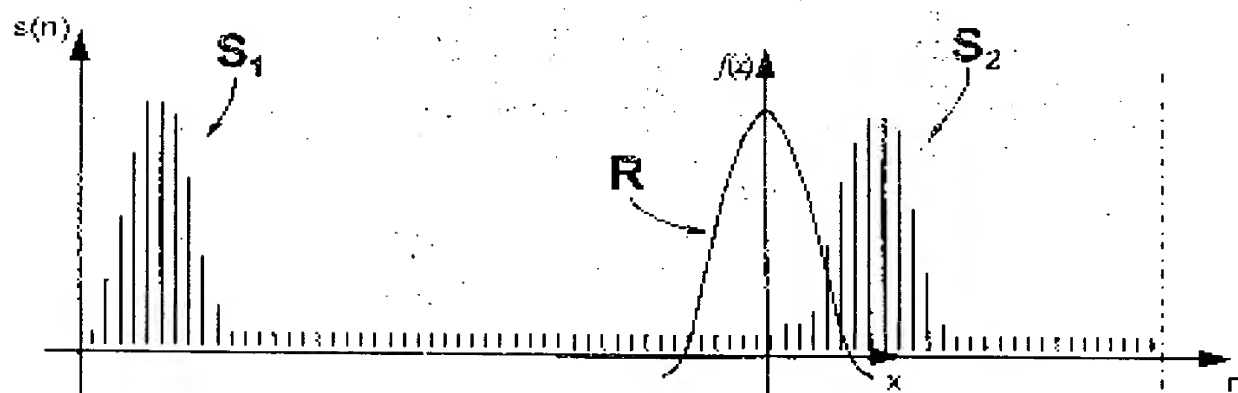


Fig. 9